

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПОРАХ МЕМБРАН АНОДИРОВАННОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Кравец Н.А.*, Ильин Д.О., Вохминцев А.С., Вайнштейн И.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: kravec.nikita@mail.ru

В настоящее время нанопористые структуры анодированного оксида алюминия (АОА) применяются в качестве функциональных матриц, которые лежат в основе различных наноустройств. Осаждая в поры АОА органические и неорганические материалы, формируют фильтры, детекторы, массивы квантовых точек и нанонитей, элементы нанoeлектроники и т.п. В частности, перспективным представляется получение эффективных эмиттеров на базе отдельно стоящих вертикальных углеродных нанотрубок (УНТ), которые обладают низкой работой выхода электронов и могут быть использованы при производстве холодных катодов. В этой связи цель данной работы заключалась в апробации методики синтеза УНТ в нанопористой мембране АОА путем каталитического пиролиза этанола.

Для получения АОА использовалась фольга технического алюминия толщиной 150 мкм, отожженная при 500 °С в течение 6 часов. Процесс анодирования проводился в два этапа. Перед первичным анодированием алюминиевая фольга обрабатывалась в УЗ ванне с этанолом в течение 10 мин. После высушивания фольги проводилось первичное анодирование в растворе 3.6 мас.% (COOH)₂ в гальваностатическом режиме при плотности тока 20 мА/см² и температуре 20 °С в течение 30 мин. Затем полученный оксидный слой подвергался полному травлению в растворе Н₃РО₃ и Н₂СгО₄ при 90 °С в течение 90 мин. Далее выполнялось вторичное анодирование при тех же условиях в течение 120 мин. Для отделения мембраны АОА от алюминиевой подложки использовался насыщенный раствор соли хлорида меди (II). После этого мембрана помещалась в травильный раствор Н₃РО₃ и Н₂СгО₄ при 90 °С на 3 мин для растворения обратной стороны слоя АОА и открытия пор. Затем полученная мембрана помещалась в катализатор дихлорид гексаамминникеля [Ni(NH₃)₆]Cl₂, приготовленный золь-гель методом, и подвергалась обработке в УЗ ванне при температуре 60 °С в течение 15 мин. После этого мембрана высушивалась и помещалась на кремниевую пластину. Технологический процесс проводился в установке химического газофазного осаждения при температуре 600 °С и давлении парогазовой смеси 12 кПа.

Поверхность и сколы синтезированных образцов АОА с УНТ исследовали на растровом электронном микроскопе (РЭМ) Sigma VP компании Carl Zeiss в режиме высокого вакуума. Анализ РЭМ-изображений показал, что толщина мембраны АОА составила ≈50 мкм с диаметром пор ≈40 нм и расстоянием

между ними ≈ 100 нм. На снимках сколов также видно, что в порах располагаются УНТ диаметром ≈ 14 нм. Исследования электрической проводимости показали, что сопротивление синтезированных образцов составило 1–10 кОм. Указанный факт подтверждает прораствание УНТ на всю толщину мембраны АОА.

В то же время установлено, что полученные УНТ растут неупорядочено, имеют множество изгибов, хаотично ориентированы и спутаны между собой. Таким образом, для синтеза вертикальных УНТ в мембранах АОА необходимы дальнейшие исследования с увеличением размеров частиц катализатора, а также с возможным уменьшением диаметра нанопор.

ELECTRONIC STRUCTURE OF POLY-3-HEXYLTHIOPHENE (P3HT) THIN FILM

Pitman A.L.¹, Zhidkov I.S.^{2,3}, Endo K.⁴, Kukharensko A.I.^{2,3}, Kucherov A.A.^{2*}, Kurmaev E.Z.³, Moewes A.¹, Achilleas S.⁵, Choulis S.A.⁵, Cholakh S.O.²

¹⁾ University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada

²⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

³⁾ Institute of Metal Physics, Yekaterinburg, Russia

⁴⁾ Tokyo University of Science, Kagurazaka, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan

⁵⁾ Cyprus University of Technology, Limassol, Cyprus

*E-mail: a.a.kucherov.mail@gmail.com

The results of measurements of X-ray emission (XES), X-ray absorption (XAS) and X-ray photoelectron (XPS) spectra of P3HT/ITO/Glass sample and density functional theory (DFT) calculations are presented. The XES spectra were measured at Beamline 8.0.1 at the Advanced Light Source, while the XAS spectra were measured at the SGM beamline at the Canadian Light Source. XPS measurements were performed employing PHI XPS Versaprobe 5000 spectrometer (ULVAC-Physical Electronics) equipped by C_{60}^+ cluster source ion gun specially designed for surface cleaning of organic compounds. The 1st geometric structure of $(C_{10}H_{14}S)_3$ for P3HT polymer model molecule was optimized using AM1 method of Winmopac software [1]. For the 2nd geometry-optimization, we selected the hybrid density functional theory (B3LYP) using 6-31G bases in GAUSSIAN 09 software. The experimental X-ray spectra and band gap estimation are compared with the electronic structure calculations of total and partial S 3s, S 3p, C 2s and C 2p-density states and calculated HOMO-LUMO gap.

This work is supported by Russian Foundation for Basic Research (Project 14-08-31088) and Ural Federal University in framework of financial support for young scientists.

1. Dewar M.J.S. et al., J. Am. Chem. Soc., 107, 3902 (1985)